

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-264454

(43) 公開日 平成8年(1996)10月11日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

// H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平7-67311

(22) 出願日

平成7年(1995)3月27日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 板垣 卓士

伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機株式会社

社光・マイクロ波デバイス開発研究所内

(72) 発明者 竹見 政義

伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機株式会社

社光・マイクロ波デバイス開発研究所内

(72) 発明者 早藤 紀生

伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機株式会社

社光・マイクロ波デバイス開発研究所内

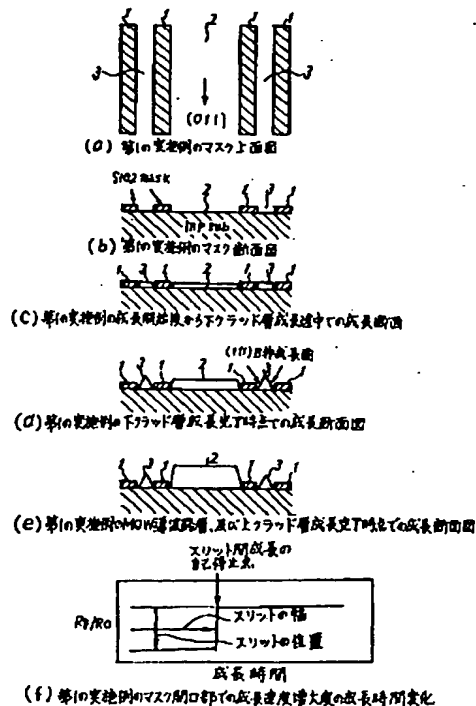
(74) 代理人 弁理士 大岩 増雄

(54) 【発明の名称】 選択MOCVD成長法による成膜方法

(57) 【要約】

【目的】 半導体光導波路構造等の一括選択成長中に於いて各構成層毎の成長速度増大度を制御できる選択MOCVD成長法による成膜方法を提供する。

【構成】 マスク1を分割するスリット部3を設け、このスリット部3での(111)B面成長による成長自己停止機能、およびその前後の成長時間における実効マスク幅の変化を利用して、成長速度増大度の成長時間変化を生み出す。成長開始から、スリット部3での成長断面形状が二等辺三角形となり、成長が自己停止するまでの間はスリット部3による成長種の消費があるため、従来のマスクで成長した場合に比べ成長速度増大度が低く抑制される。この間、下クラッド層の成長が行われ、完了する。更に、スリット部3での成長自己停止後、マスク開口部2においてMQW導波路層、上クラッド層の成長が、従来のスリットのないマスクを用いた場合と同様の成長速度増大度で行われる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 (100)面を主面とする半導体基板上に、化合物半導体層を選択成長させるための開口部と、この開口部より幅が狭く、上記化合物半導体層の上記開口部における成長速度を制御するためのスリットを有するマスクを形成する工程と、

上記化合物半導体層の成長種が上記マスク上で再蒸発または拡散することにより、上記開口部および上記スリット部に上記成長種が過剰供給され、上記開口部において、上記半導体基板上の上記マスクから十分に離れた領域よりも大きく、且つ上記スリットが無い場合よりも小さい成長速度にて上記化合物半導体層を選択成長させる工程とを含むことを特徴とする選択MOCVD成長法による成膜方法。

【請求項2】 マスク開口部およびスリットは、半導体基板の(011)結晶面方位に平行に設けられていることを特徴とする請求項1記載の選択MOCVD成長法による成膜方法。

【請求項3】 スリット部において、化合物半導体層の成長種がマスク端と接する部分に一定の鋭角を保ちながら(111)B面の非成長面を形成し、その成長断面が二等辺三角形となった時に成長を自己停止することを利用し、この成長の自己停止後は、マスク開口部において、上記スリットが無い場合と同様の成長速度にて上記化合物半導体層を選択成長させる工程を含むことを特徴とする請求項1または請求項2記載の選択MOCVD成長法による成膜方法。

【請求項4】 化合物半導体層はIII族有機金属とV族原料ガスを材料とし、上記III族有機金属と上記V族原料ガスの各モル流量の比であるV/III比を変化させることにより、スリット部における上記化合物半導体層の成長種の消費量を変化させ、マスク開口部における上記化合物半導体層の成長速度を制御する工程を含むことを特徴とする請求項1または請求項2記載の選択MOCVD成長法による成膜方法。

【請求項5】 マスクは、中央部に開口部を有する一組の矩形マスクであり、スリットは、上記開口部と平行に上記マスクを貫通して配置され、上記スリットの幅により化合物半導体層の成長速度を制御することを特徴とする請求項1～請求項4いずれか一項記載の選択MOCVD成長法による成膜方法。

【請求項6】 マスクは、中央部に開口部を有する一組の矩形マスクであり、スリットは、上記開口部と平行に上記マスクを貫通して配置され、上記スリットの本数を変化させることにより化合物半導体層の成長速度を制御することを特徴とする請求項1～請求項4のいずれか一項記載の選択MOCVD成長法による成膜方法。

【請求項7】 マスクは、中央部に開口部を有する一組の矩形マスクであり、スリットは、上記開口部と平行に上記マスクを貫通して配置され、上記スリットの位置を

変化させることにより化合物半導体層の成長速度を制御することを特徴とする請求項1～請求項4いずれか一項記載の選択MOCVD成長法による成膜方法。

【請求項8】 マスクは、中央部に開口部を有する一組の矩形マスクであり、スリットは、上記開口部と平行に配置され、上記スリットの長手方向の長さを変化させることにより化合物半導体層の成長速度を制御する領域を変化させることを特徴とする請求項1～請求項4いずれか一項記載の選択MOCVD成長法による成膜方法。

【請求項9】 マスクは、中央部に開口部を有する一組の矩形マスクであり、スリットは、上記開口部と平行に配置され、上記マスクの長手方向にマスク幅を変化させることにより化合物半導体層の成長速度を制御する領域を変化させることを特徴とする請求項1～請求項4いずれか一項記載の選択MOCVD成長法による成膜方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、誘電体マスクを用いた選択MOCVD成長法による成膜方法、特に半導体光導波路構造の一括選択成長における成長速度の制御方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 誘電体マスクを用いた選択MOCVD成長法は、半導体基板上の一部に形成されたマスクパターンによって、本来マスク面に吸着、成長すべき成長種がマスク周辺部の成長面へ向かって気相中あるいはマスク表面上を拡散する現象に起因した、マスクの端から周辺部において成長速度が増大する効果を利用する成長方法である。図8a、bはそれぞれ従来のマスクの上面図および断面図である。図において1はマスク、2は開口部を示す。従来の実デバイスの作成では、図8aに示したような幅 $W_m$ のマスクストライプを間隔 $W_o$ で2本配置し、マスク1に挟まれた領域(間隔 $W_o$ の領域)すなわち開口部2での成長速度増大効果を利用する。ここでの成長速度は、マスク幅 $W_m$ に比例して増大し、マスク間隔 $W_o$ を狭めることでさらに増大する。このように、マスク1周辺およびマスク1に挟まれた領域である開口部2と、マスク1から離れた領域との間で成長速度の差が生じるため、成長層厚の基板上内分布をマスク1によって制御できる。

【0003】 従来、上記のような原理を利用して各種光デバイスが作成されているが、一度形成されたマスク1は、その成長工程完了時まで除去あるいは幅、間隔などの変更ができないため、成長中は、形成されたマスク1の幅および間隔によって決定される一定の増大率を有する成長速度となる。例えば、光変調器付き半導体レーザ等光導波路デバイスの作成に従来の本技術を適用した場合、図8cに示す成長断面図のように、開口部2において、下クラッド層、多重量子井戸構造(MQW)導波路層、上クラッド層、コンタクト層の順に選択成長され、

全ての半導体層で一定の成長速度増大度が生じる。また、マスク1から離れた領域では、通常の成長速度で成長される。このため、マスク1から離れた領域と開口部2の間で、MQW構造の層厚変化による導波路層のバンドギャップが生じ、半導体レーザと光変調器の2つの機能素子が一括して作成される。図8dは、従来のマスク開口部2における成長速度増大度の成長時間変化を示す図であり、図において $R_s$ はマスク周辺部の任意の点での成長速度、 $R_o$ はマスクから十分離れた任意の点での成長速度である。従来のマスク1を使用した場合、成長時間中は終始一定の成長速度増大度であることを示している。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、従来の選択MOCVD成長法では、開口部2の成長速度増大度が同一のマスクを用いて成長させるすべての半導体層の成長中において一定であるので、層厚増大効果が必要とされない層においても層厚が増大するという欠点があった。例えば、上記半導体レーザと光変調器の2つの素子においては、その機能を実現するためにはMQW構造のみ層厚変化が生じれば良く、他の半導体層の層厚増大は不要である。特に、導波路層に比べて設定層厚の厚い上下クラッド層の層厚増大は、マスク1から離れた領域と開口部2の間の層厚差を大きくする主因であり、基板面内の凹凸となって、後工程、例えばレジスト塗布工程での塗布むら等の歩留まり低下の原因となる。

【0005】この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、半導体光導波路構造等の一括選択成長中において、各構成層毎の成長速度増大度を制御することができる選択MOCVD成長法による成膜方法を提供することを目的とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】この発明に係わる選択MOCVD成長法による成膜方法は、(100)面を主面とする半導体基板上に、化合物半導体層を選択成長させるための開口部と、この開口部より幅が狭く、化合物半導体層の開口部における成長速度を制御するためのスリットを有するマスクを形成する工程と、化合物半導体層の成長種がマスク上で再蒸発または拡散することにより、開口部およびスリット部に成長種が過剰供給され、開口部において、半導体基板上のマスクから十分に離れた領域よりも大きく、且つスリットが無い場合よりも小さい成長速度にて化合物半導体層を選択成長させる工程を含むものである。

【0007】また、マスク開口部およびスリットは、半導体基板の(011)結晶面方位に平行に設けられているものである。また、スリット部において、化合物半導体層の成長種がマスク端と接する部分に一定の鋭角を保ちながら(111)B面の非成長面を形成し、その成長断面が二等辺三角形となった時に成長を自己停止するこ

とを利用し、この成長の自己停止後は、開口部において、スリットが無い場合と同様の成長速度にて化合物半導体層を選択成長させる工程を含むものである。また、化合物半導体層はIII族有機金属とV族原料ガスを材料とし、III族有機金属とV族原料ガスの各モル流量の比である $V/III$ 比を変化させることにより、スリット部における化合物半導体層の成長種の消費量を変化させ、マスク開口部における化合物半導体層の成長速度を制御する工程を含むものである。

【0008】また、マスクは、中央部に開口部を有する一組の矩形マスクであり、スリットは、開口部と平行にマスクを貫通して配置され、スリットの幅により化合物半導体層の成長速度を制御するものである。また、スリットの本数を変化させることにより化合物半導体層の成長速度を制御するものである。また、スリット的位置を変化させることにより化合物半導体層の成長速度を制御するものである。また、スリットの長手方向の長さを変化させることにより化合物半導体層の成長速度を制御する領域を変化させるものである。また、マスクの長手方向にマスク幅を変化させることにより化合物半導体層の成長速度を制御する領域を変化させるものである。

#### 【0009】

【作用】この発明における選択MOCVD成長法による成膜方法は、マスクに、開口部における化合物半導体層の成長速度を制御するためのスリットを形成し、マスク上で再蒸発または拡散した化合物半導体層の成長種がスリット部において消費されることにより、開口部に供給される成長種がスリットの無いマスクを使用した場合よりも減少し、開口部において、半導体基板上のマスクから十分に離れた領域よりも大きく、且つスリットが無いマスクを使用した場合よりも小さい成長速度にて化合物半導体層が成長するので、マスク開口部における成長速度の増大度を抑制することができる。

【0010】また、スリット部において、化合物半導体層の成長種が(111)B面の非成長面を形成しながら成長し、その成長断面が二等辺三角形となった時に成長を自己停止し、それ以降はスリット部において成長種を消費しないので、開口部において、スリットが無いマスクを使用した場合と同様の成長速度にて化合物半導体層が成長し、マスク開口部における成長速度をある特定の成長時間のみ抑制することができる。また、III族有機金属とV族原料ガスの各モル流量の比である $V/III$ 比をある値以上に大きくすると(111)B面上にも成長が起こり、ある値よりも小さい $V/III$ 比では(111)B面上には成長が生じないことから、 $V/III$ 比を変化させることにより、スリット部における化合物半導体層の成長種の消費量を変化させることができ、マスク開口部における成長速度を任意に制御することができる。

【0011】また、スリットをマスク開口部と平行にマ

10

20

30

40

50

スク全体に貫通して配置することにより、マスクの全領域にわたってマスク開口部における成長速度を制御することができる。また、スリットの幅、本数、位置を変化させることにより、スリット部における成長自己停止前後の実効マスク幅を変化させることができるので、マスク開口部における成長速度の抑制の度合いを制御することができる。また、スリットの長手方向の長さを変化させることにより、マスク開口部における長手方向の特定の領域において成長速度を制御することができる。また、マスクの長手方向にマスク幅を変化させることにより、マスク開口部における長手方向の特定の領域において成長速度を制御することができる。

#### 【0012】

##### 【実施例】

実施例1. 本発明の選択MOCVD成長法による成膜方法の基本実施例を図について説明する。図1a、bは、本実施例に用いるマスクの上面図およびマスク中央部の断面図である。図において、1はマスク、2はマスク開口部、3は矩形マスク1を長手方向に貫通するスリットである。本実施例では、マスク1を分割するスリット3を設け、このスリット部での(111)B面成長による成長自己停止機能、およびその前後の成長時間における実効マスク幅の変化を利用して、成長速度増大度の成長時間変化を生み出すものである。マスク1の形成方法を説明する。前処理された(100)面InP基板上に、厚み約100nmのSiO<sub>2</sub>膜を形成し、レジストを塗布する。これに図1aに示すマスクパターンをフォトリソグラフィ法で形成し、エッチング除去により作成される。このマスクパターンの形成されたInP基板を酸前処理した後、MOCVD装置内に導入して半導体層の成長を開始する。

【0013】図1cは、成長開始後から下クラッド層成長途中での成長断面を示す。マスク開口部2、およびスリット部3では、それぞれマスク1に挟まれた領域であるため、各マスク部分に成長すべき成長種の再蒸発、およびマスク横方向気相拡散による成長種の過剰供給により、成長速度が増大されている。マスク開口部2の成長速度は、隣接するマスク幅に比例した増大度となるが、この時点での隣接したマスク1が、従来のマスクに比べてスリット3によって幅が狭められているため、従来よりも増大度が低い。また、各成長層のマスク端と接している成長部分は、(111)B面の非成長面が露出するため、InP基板とのなす角度が約54度となる斜面が形成されつつ、成長が進行している。

【0014】図1dは、下クラッド層成長完了時点での成長断面図である。マスク開口部2では、マスク端部に(111)B面の非成長面が露出した台形状断面の増大度の低い成長が継続されているが、スリット部3では、同台形状の成長が進行した、InP基板とのなす角度が約54度となる二等辺三角形の成長断面が形成されてい

る。この時点以降、スリット部3では、(111)B面の非成長面のみが露出しているため、成長が進行せず、成長の自己停止が起こる。図1eに、MQW導波路層、および上クラッド層成長完了時点での成長断面図を示す。スリット部3では成長が自己停止しているため、成長による成長種の消費が発生しない状態になっている。つまり、スリット部3において、マスク1上と同様な成長種の再蒸発が発生する。従って、この時点でマスク開口部2に隣接する実効マスク幅は、従来例のスリットのないマスク幅と同様になり、これに伴い成長速度も増大する。

【0015】図1fは、本実施例でのマスク開口部2における成長速度増大度の成長時間変化を示す図である。成長開始からスリット部3での成長断面形状が二等辺三角形となり、成長が自己停止するまでの間は、従来のマスクで成長した場合に比べ、成長速度増大度が低く抑制されている。この間、下クラッド層の成長が行われ、完了する。さらに、その後MQW導波路層、上クラッド層の成長が、従来と同じ成長速度増大度で行われる。本実施例において、下クラッド層の成長途中にスリット部3での二等辺三角形断面の成長が完了してしまった場合、下クラッド層の一部が従来の成長速度増大度で成長されるため、層厚が厚くなり、設計層厚を外れることが考えられる。また、下クラッド層の成長が完了し、例えば次のMQW導波路層の成長途中にスリット部での二等辺三角形断面の成長が完了する場合は、MQW導波路層の一部のみ従来の成長速度増大度で成長されるため層厚が厚くなり、MQWを形成する量子井戸層、量子障壁層の一部の厚さのみが増加し、MQWとして所望の性能を得るために必要な均一な層厚と組成の周期構造が実現できず、デバイス性能自体が低下する。以上のように、本発明では、スリット部3での二等辺三角形断面の成長が完了する時間を正確に制御することが重要である。成長完了時間は、下クラッド層の設計層厚とマスク開口部2での成長速度との関係、およびスリット幅で決定され、特にスリット幅が重要である。

【0016】以上のように、本実施例によれば、マスク1にスリット部3を設けることで、同一成長中に下クラッド層のみの成長速度増大度を抑制できる。このため、従来のマスクを用いて成長した場合に比べて下クラッド層の成長層厚が薄くなる。通常、上記半導体導波路構造は、MQW導波路層が100nm程度、上下クラッド層が500~1000nm程度の層厚設定であり、全層厚の90~95%は上下クラッド層が占めている。従って、下クラッド層の層厚が約1/2となれば、半導体層全体の層厚が約30%低くなり、基板面内の凹凸を減少する効果がある。また、スリットをマスク長手方向全体に貫通、開口させることで、全マスク長手方向にわたって上記効果を実現することができる。

【0017】実施例2. 実施例2では、実施例1で述べ

たマスク1を用いて、成長時のV/III比を変化させた場合の効果について述べる。図2aは、実施例2における成長断面図、図2bは、マスク開口部2における成長速度増大度の成長時間変化を示す図である。MOCVD成長において、成長材料であるIII族有機金属とV族原料ガスをある割合で混合、供給するが、その混合比として各モル流量の比：V/III比が成長パラメータとなる。このV/III比を上げて成長すると、前述の(111)B面上にも成長が起こるようになることが知られている。第2の実施例は、この原理を利用し、第1の実施例の場合よりも、マスク開口部2での成長速度増大をより抑制するものである。上下クラッド層成長時のV/III比を例えば約100以上の条件で成長することにより、スリット部3での成長断面が図2aに示すように六角形状となる（このV/III比は装置構成、成長温度等の装置、成長パラメータによって変化する）。これは、第1の実施例の二等辺三角形の(111)B面斜面に成長が起こったためであり、マスク1上の再蒸発成長種を第1の実施例の場合より多く消費し、マスク開口部2への成長種供給を低減する。よって、図2bのように成長速度増大度を低下させることができ、上下クラッド層成長層厚をより低減できる。これに対し、MQW導波路層は、成長時に低V/III比で成長することでマスク開口部2での成長速度増大効果の低下を防ぐことができる。また、(111)B面上の成長は、V/III比でその成長速度を連続的に変化させることができるため、層厚低減効果の大きさは、同一成長中の任意の時点で変化させることができる。

【0018】実施例3. 本実施例では、マスク1に複数のスリット3を設けた場合の効果について述べる。図3aは、本実施例のマスク上面図を示す。マスク1の長手方向に貫通したスリット3が、1つのマスクあたり2本設置されている。マスク幅、マスク開口幅は第1の実施例の場合と同一幅である。1つのマスク1に2本のスリット3を設けた場合の成長断面図を図3bに示す。スリット部3での成長プロセスは、実施例1の場合と同様であるが、マスク開口部2での成長速度は、図3cに示すように、スリット本数によって異なる。スリット3の本数が増えることによりマスク開口部2に接したマスク幅が狭まり、マスク開口部2へ供給される過剰成長種が減少するため、成長速度の増大度が低下する。以上のように、マスク開口部2での成長速度の増大度は、マスク1に設けられるスリット3の本数によって、制御することができる。

【0019】実施例4. 本実施例では、マスク1に設けるスリット3の位置を変化させた場合の効果について述べる。図4a、b、cはそれぞれスリット3をマスク1の内側、中央、外側に設けた場合の上面図である。また、それぞれの場合の成長速度増大度の成長時間変化を図4dに示す。スリット3をマスク1の内側に設けた場

合、マスク開口部2に接したマスク幅が狭まり、マスク開口部2へ供給される過剰成長種が減少するため、スリット3をマスク1中央に設けた場合より成長速度の増大度が低下する。実施例3で複数のスリットを設けた場合と同じ原理であるが、増大度低下の大きさが異なる。スリット3をマスク1の外側に設けた場合、マスク開口部2に接したマスク幅が広がり、マスク開口部2へ供給される過剰成長種が増加するため、スリット3をマスク1中央に設けた場合より成長速度の増大度が増加する。いずれの場合も、スリット部3での成長自己停止点以降の成長速度の増大度は、全体のマスク幅で決定される最大増大度となる。以上のように、マスク開口部2での成長速度の増大度は、マスク1に設けるスリット3の位置によって、制御することができる。

【0020】実施例5. 本実施例では、マスク1にスリット幅の異なる複数のスリット3を設ける場合の効果について述べる。図5aは、実施例3と同様に、マスク1に同一幅のスリット3を2本設けた場合の上面図である。これに対し、図5bは、2本のスリット3a、3bの幅が異なる場合のマスク上面図である。図5c、5d、5eは、図5bに示す2本のスリット幅が異なるマスク1を用いた場合の成長断面図である。また、図5fは、2本のスリット幅が異なるマスク1を用いた場合の成長速度増大度の成長時間変化を示す図である。マスク1に、同一幅で2本のスリット3を設けた場合、スリット部3の成長自己停止点までの時間は2本のスリットで同じであるので、一定時間の成長速度増大度の低下が得られる。これに対し、2本のスリット幅が異なる場合、スリット部3での成長自己停止の発生時間がスリット幅毎に異なるため、図5fに示すように成長速度増大度の成長時間変化が2段階に分離する。

【0021】2本のスリット幅の異なるマスク1を用いた場合、成長開始後は、両スリット部3は成長種を消費しており、マスク開口部2での成長速度増大度に寄与するマスク幅は最も狭い（図5c）。続いて、幅の狭いスリット部3aにおいて、成長自己停止が発生する（図5d）。この時点では幅の広いスリット部3bは成長途中であるため、成長種を消費しているが、狭いスリット部3aが成長自己停止をしているため、成長種の消費がない。このため、マスク開口部2での成長速度増大度に寄与するマスク幅が、幅の広いスリット部3b端まで広がり、マスク開口部2での成長速度増大度が一段階増加する。さらに、幅の広いスリット部3bにおいて、成長自己停止が発生した場合（図5e）、全てのスリット部が成長自己停止をしているため成長種の消費が無く、マスク開口部2での成長速度増大度に寄与するマスク幅はマスク幅全体となり、マスク開口部2での成長速度増大度がさらに増加する。以上のように、幅が異なる複数のスリットを設けた場合、成長速度増大度の成長時間変化を多段階に分離することができる。

【0022】実施例 6. 本実施例では、スリット 3 の長さを変化させた場合の成長速度増大度の 2 次元抑制効果について説明する。図 6 a は、スリット 3 の長さをマスク 1 長手方向の一部に限定した場合のマスク上面図である。スリット 3 は、マスク 1 長手方向において貫通していない。図 6 a に示すマスク 1 を用いた場合の a-a' 断面、b-b' 断面での成長速度増大度の成長時間変化を図 6 b に示す。a-a' 断面では、従来のスリットの

ない場合の成長が行われ、マスク開口部 2 における成長速度増大度はマスク幅で決定される最大値であり、成長時間に関わらず一定の増大度で成長が進行する。これに対し b-b' 断面では、第 1 の実施例で示した効果により、ある成長時間まで成長速度増大度が抑制される。【0023】図 6 c は、以上の効果をマスク開口部 2 中央の x-y 断面における成長速度増大度の位置変化で表したものである。成長開始からスリット部 3 の成長自己停止点までの時間、従来の成長速度増大度分布に比べ、マスク長手方向のスリット 3 が設けられた部分付近の成長速度増大度のみが抑制され、平坦化されている。この後、スリット部 3 の成長自己停止点から成長完了までの時間は従来の成長速度増大度分布で成長される。このように、スリット 3 の長さをマスク 1 長手方向の一部に限定した場合、ある成長時間の間のみ、マスク開口部 2 における成長速度増大度の部分抑制を行うことができる。また、スリット 3 の長さが、マスク 1 長手方向の一部に複数に分割された場合では、マスク開口部 2 中央の x-y 断面における成長速度増大度の複数分割が可能となる。つまり、マスク 1 長手方向に複数の機能素子を一括して作り込むことができる。

【0024】実施例 7. 図 7 は、本発明の実施例 7 を示す図である。本実施例では、マスク幅がマスク 1 長手方向に変化している場合の効果について述べる。図 7 a は、マスク長手方向のマスク長さ  $L_a$ 、および  $L_b$  において、それぞれ  $W_{ma}$ 、 $W_{mb}$  の 2 つのマスク幅が連続して形成されているマスク 1 を示す上面図である。マスク開口幅、スリット幅は実施例 1 と同じである。図 7 a に示すマスク 1 を用いた場合、成長自己停止時点までの a-a' 断面および b-b' 断面でのマスク開口部 2 における成長速度増大度は、マスク開口部 2 に接するマスク幅が両断面において同じであるため、マスク長さ全域において同一増大度となる。一方、スリット部 3 での成長自己停止点以降の成長は、a-a' 断面において実効的にマスク幅が  $W_{ma}$  となるため、成長速度増大度が大きく増加するが、b-b' 断面においては、実効的にマスク幅が  $W_{mb}$  となるため、成長速度増大度の増加は少ない。従って、図 7 a に示すマスク 1 を使用した場合、マスク開口部 2 中央 x-y 断面の成長は、図 7 b に示されるように下クラッド層のみが  $L_a$ 、 $L_b$  両マスク長さ

において同一の成長層厚となり、MQW 導波路層、上クラッド層の成長層厚は、マスク長さ  $L_a$  領域で厚く、マスク長さ  $L_b$  領域で薄くなる。以上のように、マスク幅がマスク長手方向に変化し、かつスリット 3 が形成されている場合、成長速度の増大度をマスク長手方向に変化させ、任意の半導体層の層厚を抑制することができる。

#### 【0025】

【発明の効果】以上のように、この発明における選択 MOCVD 成長法による成膜方法によれば、マスクにスリットを設けてマスク開口部への成長種の供給量を減少させるので、開口部における成長速度増大度を抑制することができ、さらにスリット部での成長自己停止の発生後は、マスク開口部においてスリットのない従来のマスクを用いた場合と同様の成長速度増大度が得られるので、半導体光導波路構造等の一括選択成長中において各構成層毎の成長速度増大度を制御することができる。

【0026】また、スリットの幅、本数および位置を変化させることにより、マスク開口部における成長速度増大度の抑制の度合いを制御することができる。

【0027】また、スリットの長さおよびマスク長手方向のマスク幅を変化させることにより、成長速度増大度を制御する領域を変化させ、任意の半導体層の層厚を抑制することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の一実施例に使用するマスクの上面図、断面図、成長層の断面図および成長速度増大度の成長時間変化を示す図である。

【図 2】 この発明の実施例 2 による成長層の断面図および成長速度増大度の成長時間変化を示す図である。

【図 3】 この発明の実施例 3 に使用するマスクの上面図、成長層の断面図および成長速度増大度の成長時間変化を示す図である。

【図 4】 この発明の実施例 4 に使用するマスクを示す上面図および成長層の成長速度増大度の成長時間変化を示す図である。

【図 5】 この発明の実施例 5 に使用するマスクを示す上面図、マスクを示す上面図および成長層の断面図および成長速度増大度の成長時間変化を示す図である。

【図 6】 この発明の実施例 6 に使用するマスクの上面図、成長層の成長速度増大度の成長時間変化を示す図および成長速度増大度の位置変化を示す図である。

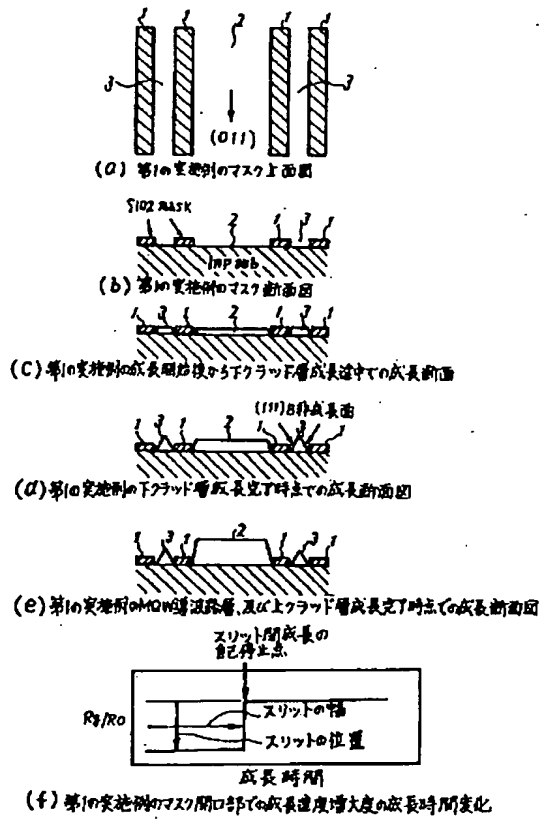
【図 7】 この発明の実施例 7 に使用するマスクの上面図および成長層厚を示す断面図である。

【図 8】 従来のマスクを示す上面図、成長層の断面図および成長速度増大度の成長時間変化を示す図である。

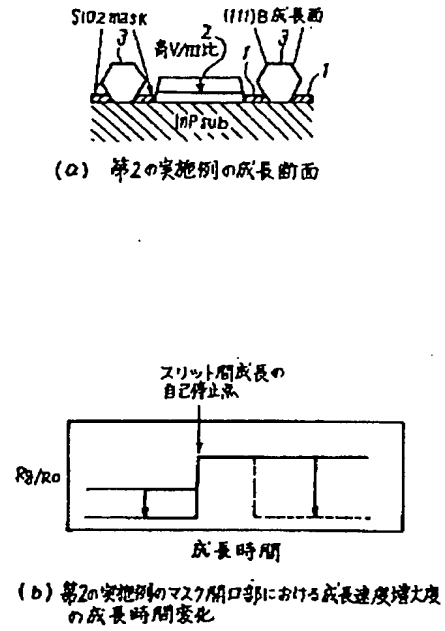
#### 【符号の説明】

1 マスク、2 開口部、3 スリット、3 a 幅の狭いスリット、3 b 幅の広いスリット。

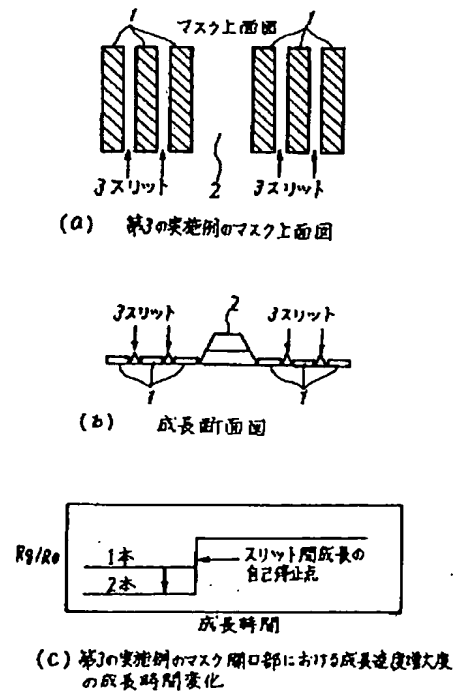
【図 1】



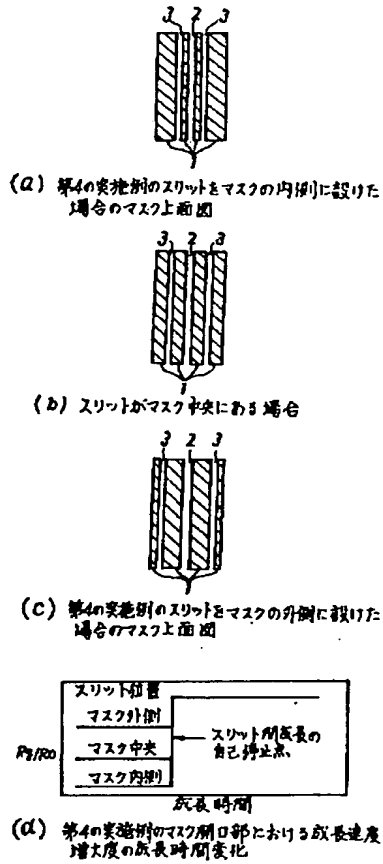
【図 2】



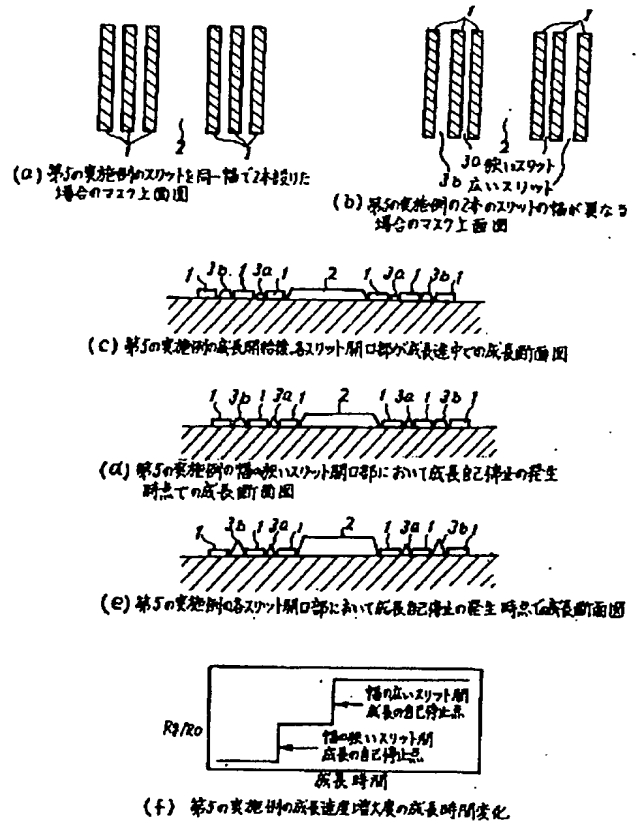
【図 3】



【図4】

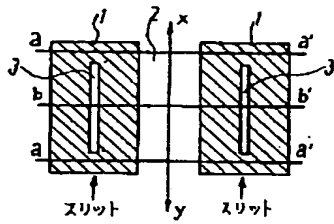


【図5】

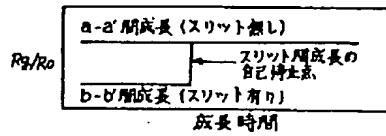




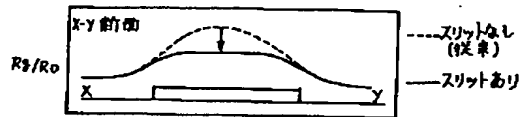
【図 6】



(a) 第6の実施例のマスクの上図

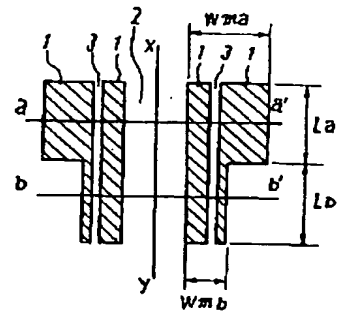


(b) 第6の実施例のa-a断面、及びb-b断面での成長速度増大度の成長時間変化

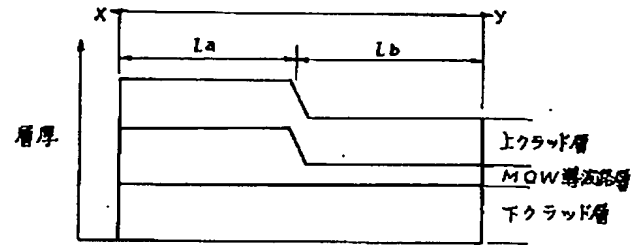


(c) 第6の実施例のマスク開口部中央のX-Y断面における成長速度増大度の位置変化

【図 7】

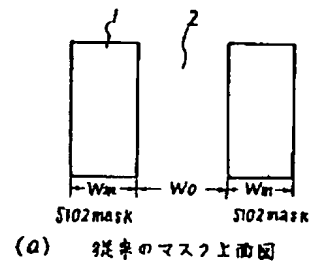


(a) 第7の実施例のマスク上面図

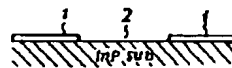


(b) 第7の実施例のX-Y断面における成長層厚図

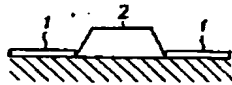
【図 8】



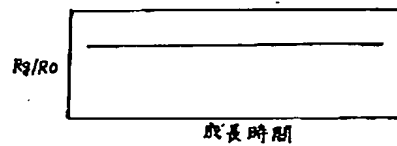
(a) 従来のマスク上面図



(b) 従来のマスク断面図



(c) 従来の成長断面図



(d) 従来のマスク開口部における成長速度増大度の成長時間変化